

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-359606

(43)Date of publication of application : 13.12.2002

(51)Int.Cl.

H04J 11/00

(21)Application number : 2001-166504

(71)Applicant : TOYO COMMUN EQUIP CO LTD

(22)Date of filing : 01.06.2001

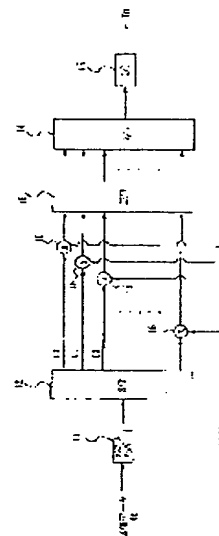
(72)Inventor : NISHIO TOSHIYUKI

## (54) OFDM DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an OFDM device that can reduce a peak factor associated with OFDM signals more than that of a conventional device.

SOLUTION: The OFDM device of this invention is characterized by that the OFDM device acting like a transmitter is provided with a symbol mapper that spreads transmission data into a plurality of orthogonal carriers including partly duplicated frequency components of the data and generates prescribed modulated signals and with an inverse Fourier transform means that multiplexes the modulated signals in a time base region and provides an output of an OFDM signal, the OFDM device acting like a receiver is provided with a Fourier transform means that generates a plurality of the orthogonal carriers from the received OFDM signal and with a symbol demapper for conducting prescribed demodulation processing, and the transmitter spreads the transmission data into the carriers whose phases are respectively expressed in  $\exp[f(k)]$ , where  $f(k)=ak^3$ ,  $k$  is 0, 1, 2,...,  $N-1$ , and  $N$  is total number of the carriers, so as to reduce the peak factor associated with the OFDM signal.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

**This Page Blank (uspto)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-359606

(P2002-359606A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002. 12. 13)

(51) IntCl.<sup>7</sup>

H 0 4 J 11/00

識別記号

F I

H 0 4 J 11/00

テ-リ-ト (参考)

Z 5 K 0 2 2

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-166504(P2001-166504)

(22) 出願日 平成13年6月1日 (2001. 6. 1)

(71) 出願人 000003104

東洋通信機株式会社

神奈川県川崎市幸区塚越三丁目484番地

(72) 発明者 西尾 敏志

神奈川県高座郡寒川町小谷二丁目1番1号

東洋通信機株式会社内

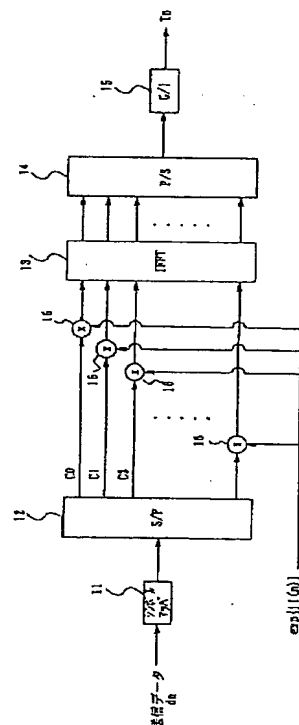
Fターム(参考) 5K022 DD01 DD33

(54) 【発明の名称】 OFDM装置

(57) 【要約】

【課題】 従来よりもピークファクタを低減することが可能なOFDM装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 少なくとも送信系として送信データを各周波数成分が一部重複しつつ直交する複数の搬送波に分散して所定の被変調信号を生成するシンボルマップと、前記被変調信号を時間領域において多重化しOFDM信号を出力する逆フーリエ変換手段とを備えるとともに、受信系として受信OFDM信号から前記直交する複数の搬送波を生成するフーリエ変換手段と、所定の復調処理を行うシンボルデマップとを備えるOFDM装置であって、前記送信系において複数の搬送波の位相を $\exp\{f(k)\}$ 、但し $f(k) = \alpha k^3$ 、 $k$ は $0, 1, 2, \dots, N-1$ 、 $N$ は総搬送波数、を用いて拡散させることにより前記OFDM信号に係わるピークファクタを低減するようにしたことを特徴とするOFDM装置である。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 少なくとも送信系として送信データを各周波数成分が一部重複しつつ直交する複数の搬送波に分散して所定の被変調信号を生成するシンボルマップと、前記被変調信号を時間領域において多重化しOFDM信号を出力する逆フーリエ変換手段とを備えるとともに、受信系として受信OFDM信号から前記直交する複数の搬送波を生成するフーリエ変換手段と、所定の復調処理を行うシンボルデマップとを備えるOFDM装置であって、前記送信系において複数の搬送波の位相を $\exp\{f(k)\}$ 、但し $f(k)=\alpha k^3$ 、 $k$ は $0, 1, 2, \dots, N-1$ 、 $N$ は総搬送波数、を用いて拡散させることにより前記OFDM信号に係わるピークファクタを低減するようにしたことを特徴とするOFDM装置。

【請求項2】 前記受信系において前記各搬送波の位相を $\exp\{-f(k)\}$ を用いて補正するようにしたことを特徴とする請求項1記載のOFDM装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明はOFDM装置に関し、特にピークファクタを低減する手段に関する。

**【0002】**

【従来の技術】電力線通信は、屋外配電線や屋内電灯線などの電力を供給するため配設している電力線を利用して情報を伝送するものであり、通信線路を新たに敷設する必要がなく通信料金の低コスト化が可能であるため、従来より種々の方式が検討されてきた。電力線通信では、上記のような利点がある一方で、雑音などによる伝送特性劣悪な電力線を使用するため、雑音に強い通信方式を用いる必要がある。

【0003】直交周波数分割多重(Orthogonal Frequency Division Multiplexing、以下OFDMと記す)方式は、1チャネルのデータを複数の搬送波に分散させて伝送するマルチキャリア変調方式の一種であり、データが複数の搬送波に分散されるため雑音による全データ欠落の確率が低くなり、従って電力線通信に適した通信方式として知られている。

【0004】図4は、電力線通信装置における従来のOFDM装置の構成例を示す機能ブロック図である。この図に示す電力線通信装置は、送信系としてOFDM変調部100をD/A変換器(デジタル/アナログ変換器)110とローパスフィルタ120とを介して中間周波・高周波処理部(以下、IF・RF処理部と記す)130に接続するとともに、受信系として前記IF・RF処理部130をアンチエイリアスフィルタ(ローパスフィルタ)140とA/D変換器(アナログ/デジタル変換器)150とを介してOFDM復調部200に接続して構成される。

【0005】なお、OFDM方式については、例えば「伊丹誠、OFDM変調技術、トリケップス、2000年3月」等に詳細に記載されているので、ここでは要点のみ説明する。OFDM変調部100は、送信データを各周波数成分が一部重複

しつつ直交する複数の搬送波に分散して所定の被変調信号を生成するシンボルマップ101と、シリアルデータをパラレルデータに変換するS/P変換回路102と、逆フーリエ変換手段としての逆高速フーリエ変換器(Inverse Fast Fourier Transform、以下IFFTと記す)103と、パラレルデータをシリアルデータに変換するP/S変換回路104と、伝送路(電力線)分岐からの反射波によるマルチパスの影響を軽減する送信側ガードインターバル回路105とを順次接続して構成される。

【0006】また、OFDM復調部200は、上述したOFDM変調部100の逆操作により復調信号を得るため、受信側ガードインターバル回路201と、S/P変換回路202と、受信OFDM信号から前記直交する複数の搬送波を生成するためのフーリエ変換手段としての高速フーリエ変換器(Fast Fourier Transform、以下FFTと記す)203と、P/S変換回路204と、所定の復調処理を行うシンボルデマップ205とを順次接続して構成される。

【0007】図5は、シンボルマップ101が出力する信号のスペクトルを示す図である。この例では、 $n$ 個の搬送波を用いるOFDM信号を生成する場合のスペクトルを示しており、周波数利用効率を上げるために各スペクトルは隣接するスペクトルの一部と重複するように配置される。

【0008】図6は、16個( $n=15$ )の搬送波を用いる場合の送信側P/S変換回路104より出力するOFDM信号(16個の搬送波が多重化された信号)の例を示す図である。

【0009】以下、図5および図6を参照しつつ図4に示したOFDM装置の動作について電力線通信装置全体を含めて説明する。まず、送信系の動作として、シンボルマップ101が送信データを図5に示すような周波数成分を有し互いに直交する複数の搬送波に分散して所定の被変調信号(例えば、直交振幅変調(QAM)、或いは、位相変調(PSK))を生成し出力すると、これをS/P変換回路102がパラレル信号に変換する。

【0010】この被変調信号は、各搬送波の発生タイミングのずれ(位相のずれ)に起因して正確な直交性が保証されないが、この各搬送波をIFFT変換器103により時間領域の信号に変換することにより、上記発生タイミングのずれが補正されることが知られており、理想的なOFDM信号が図6に示されたような多重化波形として出力される。このOFDM信号は、P/S変換回路104によりシリアル信号に戻され、送信側ガードインターバル回路105によりマルチパスの影響を受けにくい信号に加工されるとともに、D/A変換器110とローパスフィルタ120とを介して高調波が除去されたアナログ信号に変換され、IF・RF処理部130において図示を省略した電力増幅器による増幅など所定の処理が行われた後に伝送路に送出される。

【0011】一方、受信系の動作として、IF・RF処理部130とアンチエイリアスフィルタ140とA/D変換器150とを介して所定の処理の後に不要波が除去されデジタル信号

に変換されたOFDM信号がOFDM復調部200に入力すると、受信側ガードインターバル回路201により送信側のガードインターバル加工が解除され、S/P変換回路202においてパラレル信号に変換されFFT203に供給される。FFT203がこの信号から直交する複数の搬送波(被変調信号)を周波数成分として生成し、これをP/S変換器204を介してシンボルデマッパ205に供給すると、ここで被変調信号から送信データを再生するために所定の復調処理が行われる。

【0012】なお、図5に示すようにOFDM信号は各搬送波のスペクトルの一部が隣接スペクトルと重複しているため、各搬送波をフィルターで取り出す(分離する)ことはできない。しかしながら、周知のように各搬送波間で有する直交性を利用して信号を分離することができる。これについては記述が煩雑になるので説明を省略する(上記文献のpp. 37-41に記載がある)。

【0013】以上のように、OFDM信号は1つのチャネル信号を複数の搬送波を用いて伝送するので、雑音により特定の搬送波のデータが欠落しても、搬送波全体のデータが欠落する可能性は低く、従って、所定の誤り訂正技術等を併用することにより電力線を伝送路として利用しても情報データを送受信することができる。

【0014】図7は、上記したIF・RF処理部130が有する電力増幅器の動作点を示す図である。横軸は電力増幅器への入力信号レベル、縦軸は電力増幅器からの出力信号レベルをそれぞれ表している。この電力増幅器は、複数の搬送波を同時に増幅する必要があるので可能な限り大きな出力電力(出力レベル)が要求され、そのため入力信号を出力が飽和領域付近となるレベルで使用するのが一般的である。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上述したような従来のOFDM装置においては以下に示すような問題点があった。つまり、変調方式として位相変調(Phase Shift Keying、PSKと記す)系、例えば、BPSK(2値PSK)やQPSK(4値PSK)を用いる場合、OFDM信号の特徴である直交性を保証するために各搬送波の基準位相は一定(共通)であり、各搬送波(被変調信号)の位相偏移はBPSKでは2値、QPSKでは4値に限られている。従って、これらの変調方式を採用すると各搬送波の位相が揃いやすくなるので、図6に示したようなOFDM信号(合成波形)に大きなピーク値が発生し、後述するピークファクタ値が大きくなる。その結果、電力増幅器への入力信号レベルが大きくなるので図7に示した動作点がさらに右側にシフトし、その結果、出力信号レベルが飽和して信号歪みを発生する。特開平10-84329号出願においては、このピークファクタを低減するために各搬送の位相を拡散させる手段を有するOFDM装置を提案している。しかしながら、後述するように位相拡散に係わるパラメータの設定に起因して、ピークファクタの低減が十分ではなく問題であっ

た。本発明は、上述した従来のOFDM装置に関する問題を解決するためになされたもので、従来よりもピークファクタを低減することが可能なOFDM装置を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係わるOFDM装置の請求項1記載の発明は、少なくとも送信系として送信データを各周波数成分が一部重複しつつ直交する複数の搬送波に分散して所定の被変調信号を生成するシンボルマップと、前記被変調信号を時間領域において多重化しOFDM信号を出力する逆フーリエ変換手段とを備えるとともに、受信系として受信OFDM信号から前記直交する複数の搬送波を生成するフーリエ変換手段と、所定の復調処理を行うシンボルデマッパとを備えるOFDM装置であって、前記送信系において複数の搬送波の位相を $\exp\{f(k)\}$ 、但し $f(k)=\alpha k^3$ 、 $k=0, 1, 2, \dots, N-1$ 、 $N$ は総搬送波数、を用いて拡散させることにより前記OFDM信号に係わるピークファクタを低減するようにした。本発明に係わるOFDM装置の請求項2記載の発明は、請求項1記載のOFDM装置において、前記受信系において前記各搬送波の位相を $\exp\{-f(k)\}$ を用いて補正するようにした。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図示した実施の形態例に基づいて本発明を詳細に説明する。図1は本発明に係わるOFDM装置における変調部の実施形態例を示す機能ブロック図である。この例に示すOFDM装置変調部は、送信データを各周波数成分が一部重複しつつ直交する複数の搬送波に分散して所定の被変調信号を生成するシンボルマップ11と、シリアルデータをパラレルデータに変換するS/P変換回路12と、逆フーリエ変換手段としての逆高速フーリエ変換器(Inverse Fast Fourier Transform、IFFTと記す)13と、パラレルデータをシリアルデータに変換するP/S変換回路14と、伝送路(電力線)分岐からの反射波によるマルチパスの影響を軽減する送信側ガードインターバル回路15とを順次接続するとともに、S/P変換回路12とIFFT13との間の各線路それぞれに乗算器16を配置して構成される。

【0018】図2は、本発明に係わるOFDM装置における復調部の実施形態例を示す機能ブロック図である。この例に示すOFDM装置復調部は、上述したOFDM装置変調部の逆操作により復調信号を得るため、受信側ガードインターバル回路21と、S/P変換回路22と、受信OFDM信号から前記直交する複数の搬送波を生成するフーリエ変換手段としての高速フーリエ変換器(Fast Fourier Transform、FFTと記す)23と、P/S変換回路24と、所定の復調処理を行うシンボルデマッパ25とを順次接続するとともに、FFT23とP/S変換回路24との間の各線路それぞれに乗算器26を配置して構成される。

【0019】OFDM変復調部の基本的な動作は上述した従

来技術と同様であるので、説明を省略する。

【0020】本発明の特徴は、図1に示した変調部における乗算器16を介して各搬送波の位相を拡散させ、以て

$$\text{ピークファクタ} = (\text{信号のピークレベル値}) / (\text{信号の平均レベル値}) \quad (1)$$

【0021】まず、本発明では各搬送波 $C_0, C_1, C_2, \dots$ の位相を拡散させるため、各搬送波に対して次式で表される位相をずらした搬送波を乗算器16を介して乗算する。

$$C_k = \exp\{f(k)\} \quad (2)$$

ここで、 $f(k) = \alpha \cdot k^3$ 、ただし、 $k$ は $0, 1, 2, \dots, N-1$ 、 $N$ は使用する総搬送波数であり、 $\alpha$ は任意の実数で $\alpha \bmod 2\pi \neq 0$ となるように設定する。より具体的に説明すれば、1番目の搬送波 $C_0$ には $\exp\{\alpha \cdot 0\} = 0$ 、2番目の搬送波 $C_1$ には $\exp\{\alpha \cdot 1^3\} = \alpha$ 、3番目の搬送波 $C_2 = \{\alpha \cdot 2^3\} = 8\alpha \dots$ がそれぞれ乗算される。

【0022】図3は、本発明に係わるOFDM装置及び従来のOFDM装置のピークファクタ低減効果を示す図である。この図は、一例として99個の搬送波( $N=99$ )を用い、 $\alpha = 0.627753(\text{rad})$ と設定した場合のOFDM信号(合成波形)を示している。ここで、送信データとしては基準位相が連続する(同一の搬送波位相が連続する)場合、即ち、ピークファクタが最悪となる場合を想定しており、また、横軸の $1/f_s$ はシンボル周期を意味している。同図(a)は本発明に係わるOFDM装置の場合を、同図(b)は位相拡散として $f(k) = \alpha \cdot k^2$ を用いる特開平10-84329号出願において提案された従来のOFDM装置の場合を、また、同図(c)は位相拡散を行わない場合をそれぞれ示している。なお、位相拡散を行わない場合は、同図(c)の波形が連続して繰り返される。

【0023】(c)図のように位相拡散を行わない場合は大きなピークレベルが1点に集中するので、ピークファクタは最悪となる。また、(b)図のように従来提案された位相拡散を用いてもピークレベルは数ヶ所に分散されるが、なお高い振幅レベルを有するので、ピークファクタ低減は十分ではない。一方、本発明に係わるOFDM装置では、高いピークレベルは発生せず、十分にピークファクタを低減することができる。

【0024】なお、受信側では、この位相拡散された信号をそのまま復調しても位相情報は攪乱されているので正しい送信データを復元できない。そこで、復調部において図2に示すように受信したOFDM信号の各搬送波に送信側の位相拡散のときとは逆の位相を有する搬送波、即ち $\exp\{-f(k)\}$ 、を乗算して受信信号の補正をするようにしている。

OFDM信号に係わる合成波形のピークレベルを低減することにある。ここで、ピークレベルの大きさを次式のピークファクタにより定義する。

【0025】受信側においてこの補正を行うためには、送信側の位相拡散に係わる情報を受信側に伝送する必要がある。実際の通信に先立ち送信側から送信するトレーニング信号にこの位相拡散情報を含ませる、或いは、使用する位相拡散値を送信側・受信側で予め決めておく等により対処する。

【0026】以上のように本発明に係わるOFDM装置は機能するので、従来よりもピークファクタを低減することができ、従って、電力増幅器から出力する信号の歪みを防止することができる。

【0027】

【発明の効果】本発明は以上説明したように各搬送波の位相を拡散させるように構成するとともにその拡散位相量を適切に設定したので、ピークファクタ低減効果が大きいOFDM装置を実現する上で著効を奏す。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わるOFDM装置における変調部の構成例を示す機能ブロック図

【図2】本発明に係わるOFDM装置における復調部の構成例を示す機能ブロック図

【図3】本発明に係わるOFDM装置及び従来のOFDM装置のピークファクタ低減効果を示す図

【図4】電力線通信装置における従来のOFDM装置の構成例を示す機能ブロック図

【図5】OFDM信号のスペクトルを説明する図

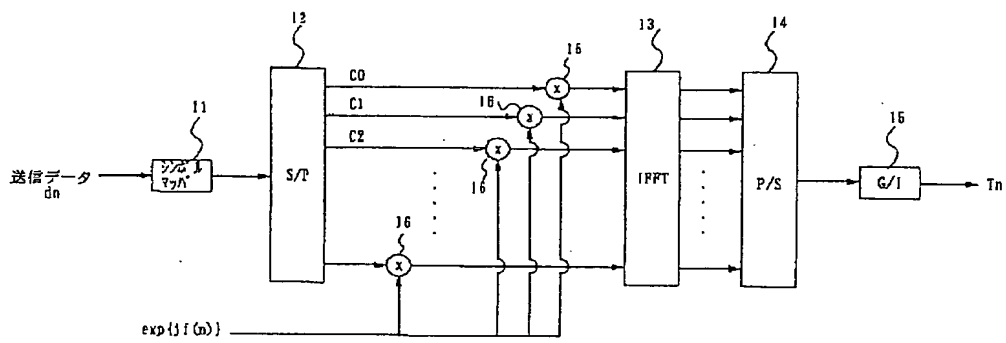
【図6】16キャリアを用いるOFDM信号の多重化波形を示す模式図

【図7】電力線通信装置で使用される電力増幅器の動作点を示す図

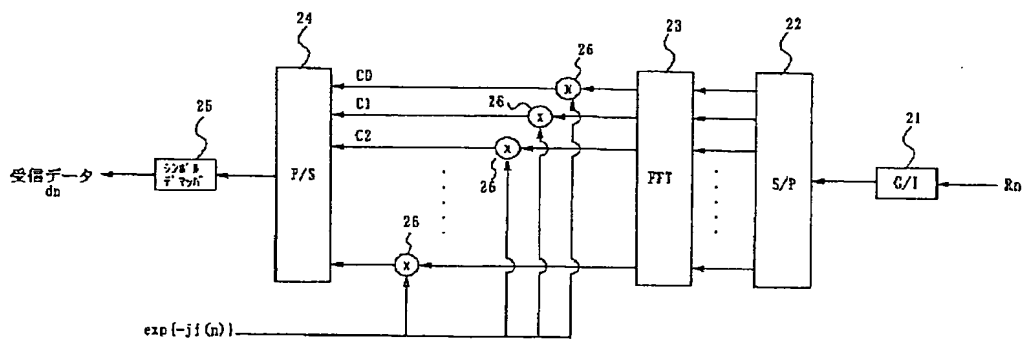
【符号の説明】

- 11・・・シンボルマップ
- 12、22・・・シリアル・パラレル変換器
- 13・・・逆フーリエ変換器
- 14、24・・・パラレル・シリアル変換器
- 15、21・・・ガードインターバル
- 16、26・・・乗算器
- 23・・・フーリエ変換器
- 25・・・シンボルデマップ

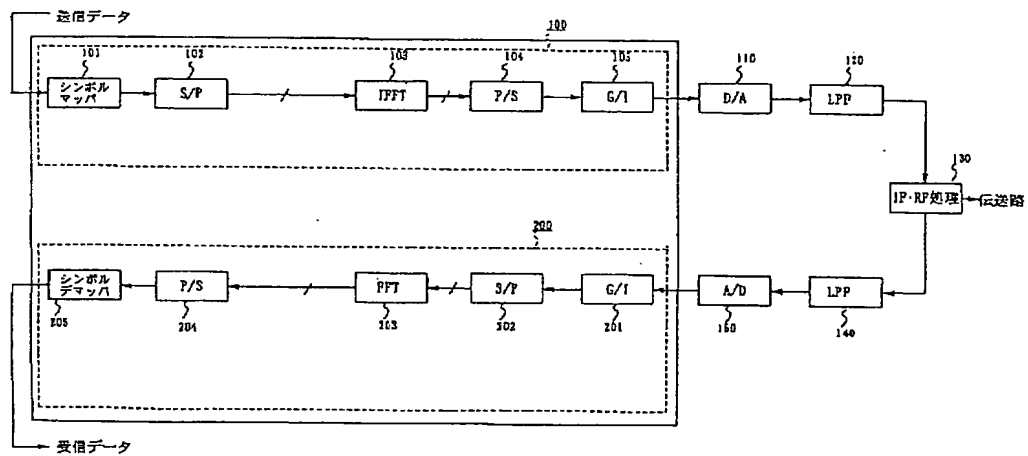
【図1】



【図2】

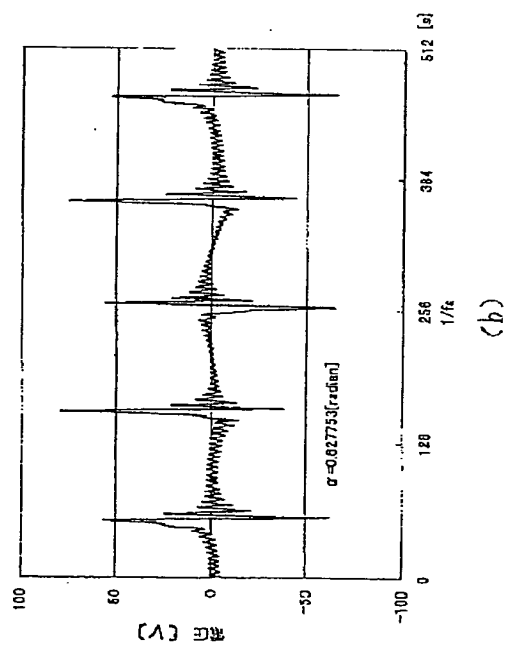
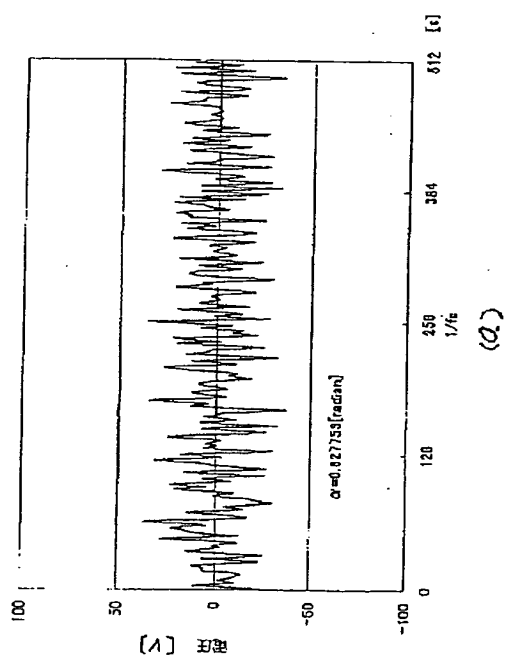
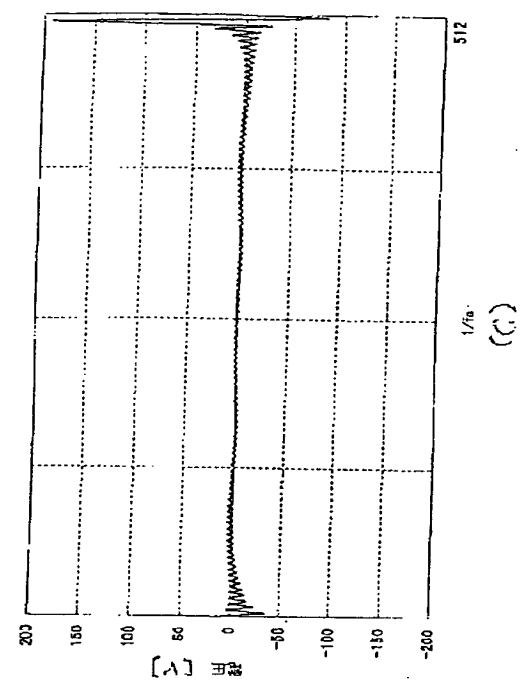


【図4】



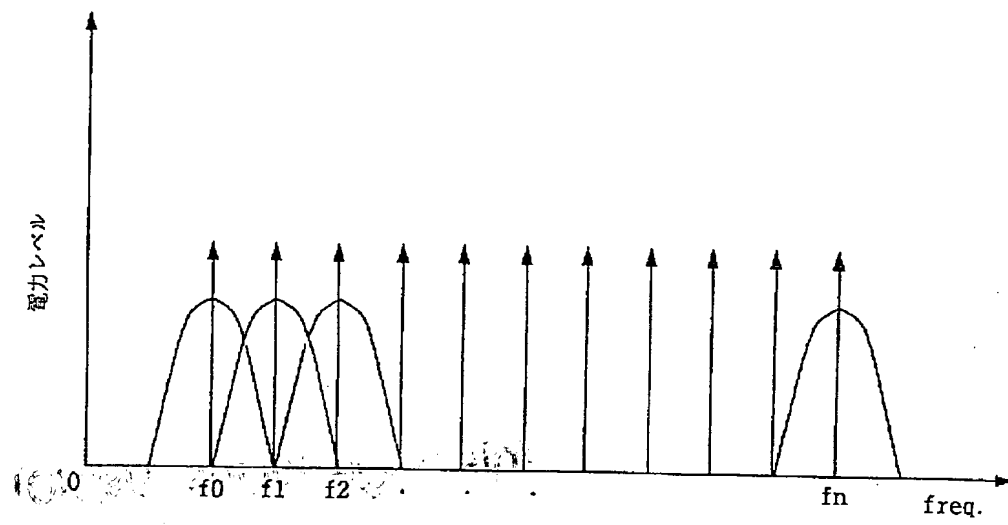
(6)

【図3】

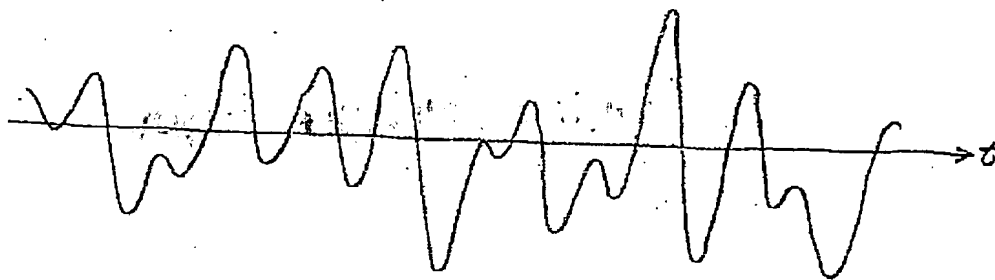




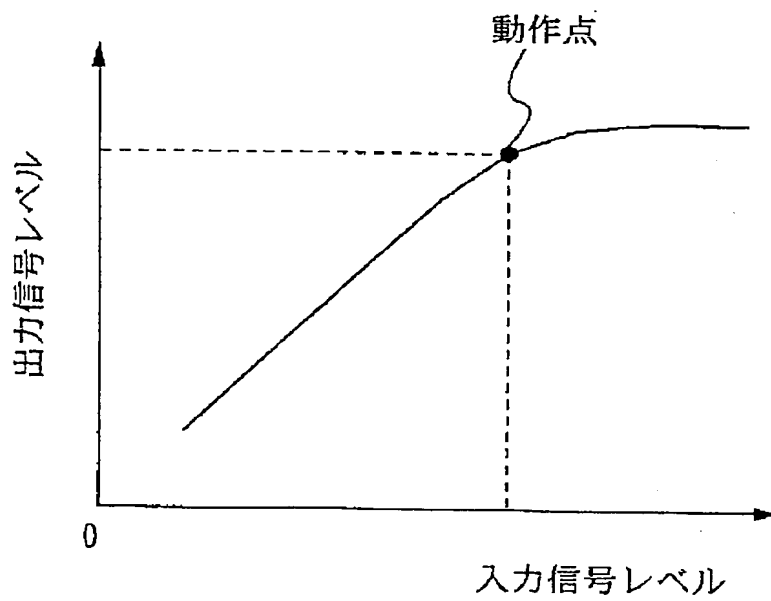
【図5】



【図6】



【図7】





This Page Blank (uspto)

~~BEST AVAILABLE COPY~~

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**This Page Blank (uspto)**